

[5]



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 **Offenlegungsschrift**  
10 **DE 199 57 536 A 1**

51 Int. Cl. 7:  
**B 60 R 25/00**  
B 60 R 25/04  
G 08 B 13/18

21 Aktenzeichen: 199 57 536.3  
22 Anmeldetag: 30. 11. 1999  
43 Offenlegungstag: 21. 6. 2001

DE 199 57 536 A 1

71 Anmelder:  
Siemens AG, 80333 München, DE

72 Erfinder:  
Ilg, Johannes, 93055 Regensburg, DE; Piesch, Wolfgang, 93128 Regenstauf, DE; Hofbeck, Klaus, Dr., 93053 Regensburg, DE; Vossiek, Martin, Dr., 80798 München, DE; Roskosch, Richard, 85521 Ottobrunn, DE; Heide, Patric, Dr., 85579 Neubiberg, DE

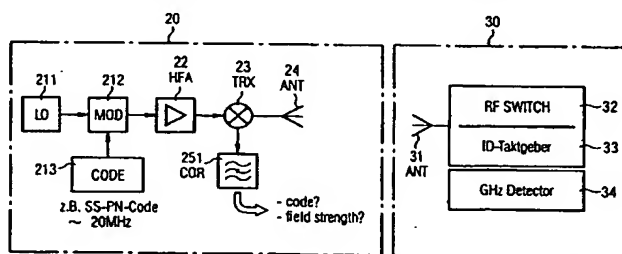
56 Entgegenhaltungen:  
DE 44 09 167 C1  
DE 198 25 702 A1  
FR 27 49 607 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Diebstahlschutzsystem für ein Kraftfahrzeug und Verfahren zum Betreiben eines Diebstahlschutzsystems

57 Ein Diebstahlschutzsystem weist eine Sende- und Empfangseinheit (20) im Kraftfahrzeug (10) auf, die Radarsignale breitbandig moduliert aussendet und daraufhin auf Echosignale wartet. Ein Codegeber (30), der ein Radarsignal empfängt, sendet seinerseits ein zusätzlich moduliertes und codiertes Signal zurück. Eine Auswerteeinheit analysiert alle empfangenen Echosignale einerseits nach einer Berechtigung des Codegebers (30) und andererseits hinsichtlich der Entfernung zwischen Codegeber (30) und Sende- und Empfangseinheit (20).



DE 199 57 536 A 1

Die Erfindung betrifft ein Diebstahlschutzsystem für ein Kraftfahrzeug und ein Verfahren zum Betreiben eines Diebstahlschutzsystems, bei denen der Zugang (Schließsystem) zu einem Kraftfahrzeug und die Benutzung (Wegfahrsperre) nur bei Nachweis einer Berechtigung ermöglicht wird.

Als Ersatz für die üblichen mechanischen Schließsysteme finden elektronische, zumeist funkbasierte Schließsysteme, zunehmend Einsatz. Ein derartiges funkbasiertes Schließsystem besteht aus einem elektronischen Schlüssel, einem sogenannten Codegeber (auch als ID-Geber oder ID-Tag bezeichnet) und mindestens einer Sende- und Empfangseinheit im Kraftfahrzeug. Der Codegeber weist einen Transponder auf, der einen elektronischen Code enthält, der von einer oder mehreren Sende- und Empfangseinheiten per Funk abgefragt wird.

Verschiedene berührungslose Übertragungsarten sind derzeit in der Automobiltechnik üblich, wie beispielsweise Niederfrequenzsysteme im Frequenzbereich von 125 kHz, bei denen die Signale über Spulen ausgesendet und empfangen werden. Es sind auch Hochfrequenzsysteme bei 433 MHz oder 868 MHz üblich.

Ganz allgemein können zur Übertragung von Signalen Mikrowellensysteme oder Radarsysteme verwendet werden. Mit Radarsignalen ist eine Entfernungs- oder Abstandsmessung nach dem Radarprinzip möglich. Die Abstandsmessung mit Mikrowellen basiert im wesentlichen darauf, daß ein Radarsignal in Richtung des Meßobjekts ausgesendet, an diesem reflektiert und nach einer Laufzeit als reflektiertes Signal wieder empfangen wird. Durch Auswerten der Phasen- oder Zeitdifferenz zwischen dem gesendeten und dem empfangenen Signal kann dann auf die Objektentfernung oder auch auf Entfernungsänderungen geschlossen werden. Neben der Pulslaufzeitmessung sind zur Entfernungsmessung auch Verfahren mit Frequenzmodulation (sogenannte FM-Verfahren = frequency modulated) oder Korrelationsverfahren gebräuchlich. Die allgemeinen Radarmeßprinzipien sind beispielsweise in J. Detlevsen "Radartechnik", Springer-Verlag, Berlin, 1989 beschrieben.

Werden solche Funk- oder HF-Übertragungsverfahren zum Übertragen von Fernsteuersignalen bei fernsteuerbaren Schließsystemen oder Diebstahlschutzsystemen für Kraftfahrzeuge verwendet, so ist es bei diesen funkbasierten Schließsystemen sehr wichtig, daß der Ort des Codegebers bekannt ist, damit ein Unberechtigter, der sich nicht in der Nähe des Kraftfahrzeugs befindet, nicht Zugang zu dem Kraftfahrzeug hat.

Eine Möglichkeit einer Entfernungsmessung besteht darin, die mittlere übertragene Leistung der Funksignale auszuwerten. Bei Niederfrequenzsystemen gelingt dies recht gut, erfordert jedoch einen erheblichen Aufwand bei Antennendesign und Antennenanbringung und oft spezielle Anpassungen an unterschiedliche Kraftfahrzeugtypen.

Daher ist es Aufgabe der Erfindung, ein Diebstahlschutzsystem zu schaffen, bei dem die Entfernung zwischen einem Codegeber und dem Kraftfahrzeug Berücksichtigung findet.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die Merkmale der Patentansprüche 1 und 4 gelöst. Dabei wird eine Sende- und Empfangseinheit im Kraftfahrzeug verwendet, die Sendesignale breitbandig aussendet und daraufhin auf Echosignale wartet. Einer Auswerteeinheit werden alle empfangenen Echosignale zugeleitet. Diese ermittelt dann mit Hilfe der Echosignale einerseits die Berechtigung und andererseits eine Aussage über den Abstand zwischen Codegeber und Kraftfahrzeug. Davon abhängig können dann entsprechende Elemente, wie eine Zentralverriegelungsanlage oder eine Wegfahrsperre gesteuert werden.

Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen wiedergegeben.

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden im folgenden anhand der schematischen Zeichnungen näher erläutert.

Es zeigen:

Fig. 1 ein erfindungsgemäßes Diebstahlschutzsystem, das in einem Kraftfahrzeug angeordnet ist,

Fig. 2 bis 5 Ausführungsbeispiele mit Blockschaltbildern des Diebstahlschutzsystems nach Fig. 1,

Fig. 6A und 6B binäre Darstellung von Abfragesignal bzw. Echosignal,

Fig. 7 zugehörige Autokorrelationsfunktion, die durch korrelieren von Abfragesignal und Echosignal entsteht,

Fig. 8 ein Frequenzspektrum eines von einer Empfangseinheit des Diebstahlschutzsystems gemessenen Echosignals, und

Fig. 9A bis 9D Frequenzspektren der Echoprofile zum Dekodieren des empfangenen Echosignals.

Ein Diebstahlschutzsystem für ein Kraftfahrzeug 10 (Fig. 1) weist eine Sende- und Empfangseinheit (in den Fig. 2 oder 3 näher dargestellt) auf, die im Fahrzeug 10 beispielsweise am Innenspiegel/Rückspiegel 17 angeordnet ist. Diese Sende- und Empfangseinheit 20 sendet bei Bedarf oder ständig Sendesignale breitbandig aus und wartet daraufhin auf den Empfang von reflektierten Signalen (im folgenden als Echosignale bezeichnet).

Die Sendesignale werden im Mikrowellenbereich breitbandig moduliert ausgesendet. Diese Signale werden an Objekten zum Teil oder vollständig reflektiert oder auch mehrfach reflektiert und zu der Empfangseinheit zurückübertragen.

Breitbandig bedeutet dabei, daß eine Oszillatorfrequenz innerhalb eines relativ großen Frequenzbandes beim Senden oder Empfangen variiert und de- oder moduliert wird. Dies steht im Gegensatz zur typischen Modulation, bei der bei einer festen Trägerfrequenz moduliert und demoduliert wird.

Falls ein tragbarer Codegeber 30 mit einem Transponder im Wirkungsbereich der Sende- und Empfangseinheit 20 (d. h. innerhalb der Reichweite) angeordnet ist und ein Sendesignal empfängt, so nimmt er seinerseits eine Modulation, üblicherweise bei der Modulationsfrequenz  $f_M$ , vor und sendet ein moduliertes Codesignal zurück (infolge eines aktiven Reflektors, der im Fachjargon auch als Backscatter bezeichnet wird).

Bei einem ersten Ausführungsbeispiel eines Diebstahlschutzsystems nach Fig. 2 wird eine Authentifikation (Ausenden eines Abfragesignals, Zurücksenden eines Codesignals und Auswerten des Codesignals bezüglich seiner Berechtigung) mit Hilfe eines sogenannten Korrelationsempfängers durchgeführt. Das Diebstahlschutzsystem besteht aus mehreren Codegebern 30 und mehreren Sende- und Empfangseinheiten 20 im Kraftfahrzeug 10. Eine oder mehrere Sende- und Empfangseinheiten 20 senden ein Abfragesignal aus. Ein Codegeber 30, der das Abfragesignal empfängt, antwortet mit seinem Codesignal.

Die Sende- und Empfangseinheit 20 besteht dabei aus einem Lokaloszillator 211 (LO), einem Modulator 212 (MOD), einem Codespeicher 213 (CODE), einem HF-Verstärker 22 (HFA), einem Transceiver 23 (TRX) oder Mischer, einer Antenne 24 (ANT) und einem Korrelator 251 (COR). Das vom Lokaloszillator 211 erzeugte Signal wird mit einem Code aus dem Codespeicher 213 in dem Modulator 212 moduliert. Der HF-Verstärker 22 dient zur Signalaufbereitung und zur Entkopplung des Empfängerteils des Transceivers 23 vom Signalgenerator. Das modulierte Signal (Abfragesignal) wird über den Transceiver 23 geleitet und breitbandig moduliert im Mikrowellenbereich über die Antenne 24 abgestrahlt.

Der Codegeber 30 arbeitet als modulierender "Backscatter" und weist daher einen modulierenden Reflektor auf, der das empfangene Signal zusätzlich moduliert und codiert zurücksendet. Hierzu weist der Codegeber 30 eine Antenne 31 (ANT) auf, die mit einem HF-Schalter 32 (RF-Switch) und einem eigenen und für den Codegeber 30 charakteristischen Taktgeber 33 (ID-Taktgeber) verbunden ist. Mit einem Hochfrequenz-Detektor 34 (GHz-Detector) kann ein zu dem Codegeber 30 passendes Abfragesignal erkannt werden. Daraufhin wird der HF-Schalter 32 in einem vorgegebenen, für den Codegeber 30 charakteristischen Takt (entspricht der Codierung) aktiv und schaltet die Antenne 31 so, daß einmal ein Abfragesignal reflektiert und dann wieder nicht reflektiert wird.

Üblicherweise wird die Schwingung des Lokaloszillators 211 mit rechteckförmigen Impulsen einer variablen Länge  $\tau$  moduliert. Das empfangene Echosignal wird mit dem modulierten Abfragesignal in dem Mischer 23 gemischt. Das Mischprodukt wird durch den Korrelator 251 in eine Autokorrelationsfunktion (vgl. Fig. 7) überführt, die dann ausgewertet wird. Ebenso ist eine Phasen- oder Frequenzmodulation möglich.

Ein Beispiel für ein Sendesignal ist in der Fig. 6A dargestellt. In der Fig. 6B ist das Echosignal dargestellt, das aufgrund von Signallaufzeiten zeitlich gegenüber dem Sendesignal verzögert ist. Die zugehörige Autokorrelationsfunktion ist in der Fig. 7 dargestellt. Wenn die Signallaufzeit  $\tau$  annähernd 0 ist, so bedeutet dies, daß keine Laufzeitunterschiede bestehen und die Amplitude der Autokorrelationsfunktion ein Maximum einnimmt. Der Codegeber 30 ist somit in unmittelbarer Nähe der Sende- und Empfangseinheit 20 angeordnet. Je größer die Laufzeitunterschiede  $\Delta t$  werden, desto kleiner wird die Amplitude der Autokorrelationsfunktion; d. h. desto weiter ist der Codegeber 30 vom Kraftfahrzeug 10 entfernt. Dementsprechend nimmt die Amplitude der Autokorrelationsfunktion immer mehr ab, bis sie schließlich innerhalb des Rauschpegels liegt (keine vernünftige Messung ist mehr möglich).

Durch Festlegen eines Schwellwertes S (gestrichelte gezeichnete, waagrechte Linie in Fig. 7) kann bestimmt werden, daß nur Codesignale auf ihre Berechtigung geprüft werden, bei denen die Autokorrelationsfunktion eine Amplitude größer als dieser Schwellwert S aufweist. Dann ist sichergestellt, daß sich der Codegeber 30 innerhalb einer vorgegebenen Entfernung um das Kraftfahrzeug 10 befindet. Der Schwellwert S und damit die maximale Entfernung des Codegebers 30 sind je nach Wunsch einstellbar. Signale von weiter entfernten Codegebern werden automatisch unterdrückt und nicht berücksichtigt. Das Kraftfahrzeug 10 kann somit nicht aus großer Entfernung entriegelt werden. Ein unberechtigtes Abhören und Wiedergeben des Codesignals ist erschwert, dadurch daß eine breitbandige Modulation stattfindet.

Das Sendesignal ist mit binären Impulsen (Rechteckimpulsen) moduliert. Die Impulsdauer muß allerdings größer als die Signallaufzeit für eine maximale Entfernung (Arbeitsbereich des Diebstahlschutzsystems) sein, da sonst zu weit entfernte Codegeber 30 zeitmäßig in die nächste Impulsperiode fallen und nicht vorhandene Codegeber 30 in der Nähe des Kraftfahrzeugs 10 vortäuschen können.

Für eine senderseitige Modulation kann eine sogenannte PN-Modulation (pseudo noise-modulation) verwendet werden. Außer einer PN-Modulation können auch andere Modulationsarten mit Barker-Code, Schieberegister-Sequenzen (sogenannte M-Sequenzen), Golay- oder Gold-Codes oder Huffman-Sequenzen verwendet werden. Falls mehrere Sende- und Empfangseinheit 20 vorhanden sind, so können auch mehrere solche Codes verwendet werden, die nicht

oder nur wenig korreliert sind.

Eine geeignete senderseitige Modulation ist die bekannte Spread-Spectrum-Modulation. Durch die Wahl einer sehr hohen Taktrate des Codes (hier beispielsweise SS-PN-Code = spread spectrum-pseudo noise-modulation) kann erreicht werden, daß nur Signale beim Empfang berücksichtigt werden, die innerhalb einer durch die Taktrate festgelegten Maximal-Entfernung liegen. Signale mit größerer Entfernung und damit Laufzeit werden gemäß den Korrelationseigenschaften der PN-Modulation unterdrückt.

Somit werden für die Zugangskontrolle (Entriegeln der Türen oder Lösen der Wegfahrsperre) nur Codesignale berücksichtigt, die von Codegebern 30 in der Nähe des Kraftfahrzeugs stammen. Der Benutzer muß sich also in der Nähe befinden, damit er die Türen entriegeln kann. Codegeber 30, die sich weiter entfernt befinden, werden automatisch nicht berücksichtigt. Dies ist also nur möglich, da die Abfragesignale breitbandig moduliert im Mikrowellenbereich ausgesendet werden und dadurch mit Hilfe der empfangenen Codesignale eine entsprechende Auswertung stattfinden kann.

Ein zweites Ausführungsbeispiel eines Diebstahlschutzsystems für ein Kraftfahrzeug wird anhand von Fig. 3 näher erläutert.

Die Sende- und Empfangseinheit 20 ist hier als FM-CW-Radar ausgeführt und besteht aus einem frequenzverstimmbaren Oszillator 21 (VCO), einem HF-Verstärker 22 (HFA), einem Transceiver 23 (TRX) oder Mischer, einer Antenne 24 (ANT), einem Tiefpaßfilter 25 (TP) und einem FFT-Prozessor 271 (Fast-Fourier-Processor). Das ausgesendete Sendesignal wird bei Verwendung des bekannten FM-CW-Radarverfahrens (Frequency Modulated Continuous Wave) mit den empfangenen Signalen gemischt. Somit erhält man ein niederfrequentes Meßsignal, das ausgewertet werden kann.

Der Codegeber 30 ist gleich aufgebaut wie derjenige gemäß Fig. 2. Durch Verwendung eines Richtkopplers, wie z. B. eines Zirkulators, kann der Codegeber 30 nur eine einzige Antenne 31 aufweisen. Ebenso können Codegeber 30 mit zwei oder mehr Antennen verwendet werden.

Der Prozessor 271 dient als Auswerteeinheit, in der die empfangenen Signale ausgewertet und somit eine Entfernung des Codegebers 30 von der Sende- und Empfangseinheit 20 anhand der Laufzeiten Echosignale oder der Empfangsfeldstärke ermittelt werden. Ebenso kann der Codes des Codegebers 30 anhand des Echoprofils ermittelt werden, wie weiter unten noch näher erläutert wird.

Das von der Sende- und Empfangseinheit 20 empfangene Signal (Codesignal oder Echosignal) wird im Transceiver 23 mit dem Sendesignal gemischt (demoduliert). Das demodulierte Signal wird in dem Tiefpaßfilter 25 gefiltert, so daß Signale mit höheren Frequenzen (die von weiter entfernten Objekten stammen) bei der Auswertung automatisch unberücksichtigt bleiben. Anschließend wird mittels des Prozessors 271 die Entfernung und die Amplitude des Echosignals bestimmt sowie mit einem festgelegten Referenzcode verglichen, wodurch die Berechtigung des Codegebers 30 überprüft wird.

Das ausgesendete Sendesignal wird bei Verwendung des bekannten FM-CW-Radarverfahrens mit den reflektierten Signalen gemischt. Somit erhält man ein niederfrequentes Meßsignal, dessen Frequenzspektrum als Echosignal mit seinem Echoprofil in den Fig. 8 dargestellt ist.

Durch die Modulation im Codegeber 30 wird das Codesignal z. B. aus dem Basisband 41 in einen anderen Frequenzbereich (z. B. ein Seitenband 42, 42') umgesetzt. Diese Codesignale werden sowohl auf direktem Weg vom Codegeber 30 zur Sende- und Empfangseinheit 20 als auch zum Teil mehrfach an Objekten reflektiert von der Sende- und

Empfangseinheit 20 empfangen.

In der Fig. 8 ist das Frequenzspektrum der Echosignale dargestellt, die von der Sende- und Empfangseinheit 20 als Meßsignale (Echosignale) empfangen werden und durch den FFT-Prozessor 271 aufbereitet werden. Die Hüllkurve aller Amplituden  $\hat{a}$  der Echosignale über dem gesamten Frequenzbereich oder auch nur über einen Ausschnitt daraus wird hier als Echoprofil bezeichnet, das ausgewertet wird. Es werden also Amplituden  $\hat{a}$ , Phasen  $\phi$  und Frequenz  $f$  der Echosignale gemessen und in einer Recheneinheit weiterverarbeitet.

Die Sende- und Empfangseinheit 20 kann nach dem aus der Radartechnik bekannten Prinzips des FM-CW-Verfahrens arbeiten. Dabei wird die Sendefrequenz innerhalb eines vorgegebenen Frequenzbereichs (Bandbreite) geändert. Aus einer Messung der Frequenzdifferenz  $\Delta f$  oder der Phasendifferenz  $\Delta \phi$  zwischen Sendefrequenz und Empfangsfrequenz kann eine Entfernung eines Objekts ermittelt werden. Die empfangene Frequenz  $f$  oder Phase  $\phi$  sind also proportional einer Entfernung.

Infolge der Frequenzumsetzung durch die Modulation des Codegebers 30 befinden sich im oberen Frequenzbereich (entsprechend der beiden Seitenbänder 42 und 42' bei Zweiseitenbandmodulation) Echosignale, die als Echoprofil (Verteilung der Echosignale über Frequenz  $f$  und/oder Zeit  $t$ ) zur Auswertung der Echosignale und zur Entfernungsmessung herangezogen werden. Infolge der Modulation (vorzugsweise Frequenzmodulation) ergeben sich zwei Seitenbänder 42 und 42', die symmetrisch zu der Modulationsfrequenz  $f_M$  des Codegebers 30 liegen. Da die vom Codegeber 30 ausgesendeten Echosignale ebenfalls z. T. mehrfach an Objekten reflektiert werden, werden über der Frequenz  $f$  mehrere Maximalwerte erhalten, deren zugehörige Frequenzlage jeweils eine Entfernung zu einem Objekt widerspiegeln. Das Echoprofil eines Seitenbands 42 oder 42' genügt, um eine Auswertung in einer Auswerteeinheit, wie einem Mikroprozessor 27 vorzunehmen.

Je größer die Frequenz eines Reflektionsmaximums im Echoprofil desto weiter ist das Objekt entfernt, an dem das Sendesignal reflektiert oder von dem es (im Falle des Codegebers 30) gesendet wurde.

Das erste Maximum (in Fig. 8 am nächsten zur Modulationsfrequenz  $f_M$  liegend) des oberen Seitenbands 42 ist ein direktes Echosignal vom Codegeber 30 (d. h. direkte Freiraumübertragung ohne Reflexion). Die weiteren Maxima stellen mehrfache Reflexionen an Objekten dar. Ihre Laufzeit bis zur Sende- und Empfangseinheit 20 ist größer. Daher liegen sie bei einer höheren Frequenz.

In dem Frequenzbereich um die Mischfrequenz von 0 Hz (auch als Basisband 41 bezeichnet), befinden sich die unmittelbar an Objekten, wie Karosserie des Kraftfahrzeugs 10 oder sonstigen, in der Nähe des Kraftfahrzeugs 10 befindlichen Objekten reflektierten Echosignale. Durch eine geeignete, etwa wie in der nicht vorveröffentlichten deutschen Patentanmeldung 199 46 161.9 beschriebenen Modulation des Codegebers 30, können direkte Reflexionen (Sende- und Empfangseinheit 20 - Objekt - Sende- und Empfangseinheit 20; vgl. Basisband 41 in Fig. 8) für die Auswertung unterdrückt werden und werden daher nicht weiter berücksichtigt. Denn diese Echosignale im Basisband 41 sind für die Erfindung weniger von Interesse.

In der Auswerteeinheit wird das Echoprofil einerseits hinsichtlich der Berechtigung des Codegebers 30 (d. h. stimmt das Codesignal mit einem erwarteten Codesignal überein) und andererseits hinsichtlich der Entfernung des Codegebers 30 vom Kraftfahrzeug 10 ausgewertet. Falls der Codegeber 30 berechtigt ist und er sich innerhalb eines vorgegebenen Radius um das Kraftfahrzeug befindet, so werden ent-

sprechende Aktionen, wie Entriegeln der Türschlösser, Lösen der Wegfahrsperre, Schließen der Fenster, Verriegeln der Türschlösser, Ent- oder Verriegeln des Kofferraums, Ent- oder Verriegeln des Tankdeckels, usw. gesteuert.

Für eine einfache Entfernungsmessung genügt es, eines der beiden Seitenbänder 42 oder 42' aus der Fig. 8 auszuwerten. Um die Darstellung darüber hinaus einfach zu halten, werden etwaige Einflüsse einer zusätzlichen Modulation (zusätzlich zu der senderseitigen Modulation auf der die Entfernungsmessung beruht), die ein anderes Aussehen des Echoprofils verursachen würden, als kompensiert betrachtet. Durch eine solche Kompensation kann im Prinzip jede Radar- oder Mikrowellen-Entfernungsmessung auch zu einem modulierten aktiven Reflektor auf ein solches Profil überführt werden.

Der Codegeber 30 kann als passiver Reflektor (gemäß Fig. 4A) oder auch als aktiver Reflektor (gemäß Fig. 4B) ausgebildet sein. Der Codegeber 30 als passiver Reflektor beinhaltet einen HF-Schalter 32, einen Taktgenerator 33 (PN-generator) und einen Steuerprozessor 331 (processor). Im einfachsten Fall erzeugt der HF-Schalter 32 eine Amplitudenmodulation. Dies kann durch eine Impedanzänderung einer Last 331 (termination) oder durch Hin- und Herschalten zwischen zwei Lasten geschehen (passive backscatter).

Bei dem Codegeber 30, der als aktiver Reflektor arbeitet (Fig. 4B), wird das modulierte Signal zusätzlich (aktiv) durch einen Verstärker 332 vor einer Sendeantenne 311 (active backscatter) verstärkt. Somit wird das modulierte Signal zusätzlich amplitudenmoduliert.

Eine weitere Möglichkeit zur Codierung im Codegeber 30 besteht in einer Phasen- oder Frequenzmodulation. Entsprechende Verfahren sind zum Beispiel aus R. Mäusl, "Digitale Modulationsverfahren-Telekommunikation", Heidelberg: Hüthig-Buch-Verlag GmbH, 1991, bekannt. Eine weitere Codierungsmöglichkeit besteht darin, die Signale in jedem Codegeber um einen definierten Zeitversatz zu verzögern. Die Zeitverzögerung ist so groß zu wählen, daß andere Störsignale, beispielsweise durch Reflexionen an Objekten im Meßbereich verursacht, durch die Ausbreitungsdämpfung im Freiraum weitestgehend abgeklungen sind. Alle erwähnten Codierungsmöglichkeiten können auch kombiniert werden.

Für die Erfindung ist die Codierungsart im Codegeber 30 nicht wesentlich. Wichtig hingegen ist, daß überhaupt im Codegeber 30 ein Abfragesignal codiert wird.

Werden mehrere Sende- und Empfangseinheit 20 und/oder mehrere Codegeber 30 verwendet, so ist es für eine hochgenaue Messung sinnvoll, wenn die Entfernungswerte für alle Meßwege gleichzeitig ermittelt werden. Dies ist jedoch nur dann möglich, wenn sich die unterschiedlichen Einheiten nicht gegenseitig stören. Für die Sende- und Empfangseinheit 20 kann dies beispielsweise dadurch sichergestellt werden, daß zwei Sende- und Empfangseinheit 20 nicht gleichzeitig auf einem Mikrowellenfrequenzband senden und empfangen. Auf der Codegeberseite ist eine gegenseitige Störung durch eine geeignete Modulation zu verhindern. So kann beispielsweise jeder Codegeber 30 das empfangene Abfragesignal um eine für ihn charakteristischen Frequenz versetzen.

Um den Codegeber 30 zu "wecken", wenn er sich dem Kraftfahrzeug 10 annähert, kann er einen sogenannten GHz-Detektor 34 (Fig. 5) als Eingangsstufe aufweisen. Der GHz-Detektor ist mit der Antenne 31 verbunden, die ein Signal der Sende- und Empfangseinheit 20 empfängt. Dieses Signal wird möglichst reflexionsarm über eine Impedanzanpassungsnetzwerk 341 (matching network) auf einen Schottky-Diodendetektor 342 geleitet. Der Detektor 342 richtet das Signal gleich. Anschließend wird es in einem Fil-

ter 343 tieffpaßgefiltert und durch einen Operationsverstärker 344 verstärkt. Bei Überschreiten eines Schwellwerts, was durch einen Komparator 345 festgestellt wird, wird der Codegeber 30 über einen Prozessor 346 aktiviert, d. h. die Bauteile des Codegebers 30 werden mit Energie versorgt.

Der GHz-Detektor 34 kann auch für den Notbetrieb des Codegebers 30 bei Ausfall seiner eigenen Stromversorgung (Batterie) als Energiequelle verwendet werden. Denn dann ersetzt die am Detektor 342 erzeugte Gleichspannung die Versorgungsspannung des Codegebers 30.

Wie die Entfernung zwischen dem Codegeber 30 und einer Sende- und Empfangseinheit 20 bestimmt wird, wird anhand des Ausführungsbeispiels der Fig. 3 näher erläutert.

Die Sende- und Empfangseinheit 20 weist Meßmittel auf, die dazu geeignet sind, die Phasendifferenz zwischen dem gesendeten Abfragesignal und dem empfangenen Codesignal zu bestimmen. Hierzu dienen der Mischer 23 und der Tiefpaßfilter 25, mit deren Hilfe Phasewerte der Signale extrahiert werden. Aus mindestens einem Phasenwert kann dann in dem Prozessor 271 eine Entfernungsänderung bestimmt werden. Mit mindestens zwei Phasenwerten, die bei mindestens zwei unterschiedlichen Mikrowellenfrequenzen  $f_{HF}$  (oder zeitlich nacheinander) bestimmt wurden, kann eine genaue Entfernungsmessung durchgeführt werden.

Die Phasendifferenz  $\phi$  zwischen dem Abfragesignal und dem Codesignal beträgt

$$\phi = 2 \cdot \pi \cdot f_{HF} \cdot \tau$$

Dabei ist  $\tau$  die gesamte Laufzeit des Signals. Neben konstanten Offsets  $\tau_{off}$  ist die Laufzeit  $\tau$  über die Ausbreitungsgeschwindigkeit  $c$  der Mikrowelle direkt mit der Entfernung  $d$  zwischen Sende- und Empfangseinheit 20 und Codegeber 30 verknüpft. Es gilt:

$$\tau = \tau_{off} + \frac{2 \cdot d}{c}$$

Aufgrund der Periodizität der Phase (und wegen des im allgemeinen unbekannten Offsets  $\tau_{off}$ ) eignet sich eine Phasemessung bei nur einer konstanten Mikrowellenfrequenz  $f_{HF}$  lediglich zum Bestimmen von differentiellen Entfernungsänderungen. Ein absoluter Positionswert kann hierbei nur durch zeitlich aufeinanderfolgende, kontinuierliche Bestimmung der Entfernungsänderung im Anschluß an eine Kalibrierungsmessung relativ zum Kalibrierungs-Bezugspunkt bestimmt werden.

Bei einer kontinuierlichen Messung ist dafür Sorge zu tragen, daß die Messung so schnell erfolgt, daß zwischen zwei Messungen keine so große Entfernungsänderung erfolgt, die eine Phasenänderung größer als  $180^\circ$  nach sich zieht. Diese Bedingung entspricht dem allgemein bekannten Abtasttheorem. Eine kontinuierliche Messung der Phase wird häufig auch als Dopplermessung bezeichnet, wobei die zeitliche Ableitung der Phase der Dopplerfrequenz entspricht. Die Dopplerfrequenz ist proportional zur Relativgeschwindigkeit zwischen Codegeber 30 und Sende- und Empfangseinheit 20 in Richtung der Signalübertragung.

Für eine absolute Entfernungsmessung müssen mindestens zwei Phasenwerte, die bei mindestens zwei unterschiedlichen Mikrowellenfrequenzen  $f_{HF1}$  und  $f_{HF2}$  bestimmt werden, ausgewertet werden. Mit  $\Delta f_{HF}$  als Frequenzdifferenz zwischen zwei Mikrowellenfrequenzen  $f_{HF1}$  und  $f_{HF2}$  gilt für die Phasendifferenz  $\Delta\phi$  zwischen den gemessenen Phasenwerten  $\phi_1$  und  $\phi_2$ :

$$\Delta\phi = 2 \cdot \pi \cdot f_{HF} \cdot \tau$$

Wird die Frequenzdifferenz  $\Delta f_{HF}$  nicht zu groß gewählt, so ist die Phasendifferenz  $\Delta\phi$  innerhalb eines relativ großen Entfernungsbereiches eindeutig. Damit möglichst gute Meßwerte erzielt werden, ist die Frequenzdifferenz  $\Delta f_{HF}$  auch nicht unnötig klein zu wählen. Eine hohe Meßgenauigkeit verbunden mit einem großen Eindeutigkeitsbereich kann bei Verwendung weiterer Meßfrequenzen (und somit weitere Phasenmeßwerte) erreicht werden. Im Spezialfall einer kontinuierlichen Frequenzmodulation wird die Mikrowellenfrequenz  $f_{HF}$  mit der Zeit verändert und die Phasenänderung gemessen. Bei einer linearen Frequenzmodulation kommen die bekannten Verfahren zur FM-CW-Signalverarbeitung in Betracht.

Selbstverständlich kann die Entfernung auch über die Frequenz  $f$  ermittelt werden. Da die Frequenz eine zeitliche Änderung der Phase ist, beruhen alle frequenzauswertenden Meßmethoden auf den oben beschriebenen Phasenbeziehungen.

Für eine hochgenaue Messung der Entfernung ist es vorteilhaft, wenn die zeitliche Änderung der Phase bei einer Mikrowellenfrequenz  $f_{HF}$  (differentielle Entfernungsmessung bei aufeinanderfolgenden Signalen) mit den Phasendifferenzwerten  $\Delta\phi$  bei mehreren Mikrowellenfrequenzen  $f_{HF}$  miteinander zu kombinieren. Somit werden die absoluten Meßwerte durch die wesentlich genaueren differentiellen Änderungswerte korrigiert.

Für eine hohe Meßgenauigkeit ist es außerdem erforderlich, daß die Mikrowellenfrequenz  $f_{HF}$  und insbesondere die Frequenzänderung  $\Delta f$  sehr genau eingestellt und gehalten werden. Hierfür bieten sich analoge Regelschleifen und Kalibriereinrichtungen mit Referenzlaufzeitgliedern sowie insbesondere Phasenregelschleifen (PLL) und die direkte digitale Signalsynthese an.

Das Ergebnis einer einzigen Entfernungsmessung für den Codegeber 30 kann einem Zentralrechner im Kraftfahrzeug 10 zugeführt werden, der die Daten aller Sende- und Empfangseinheiten 20 sammelt und weiterverarbeitet.

Um Sicherheits- und Komfortanforderungen gerecht zu werden, ist es bei solchen Diebstahlschutzsystemen sehr wichtig, daß der Ort oder die Position des Codegebers 30 bekannt ist. Insbesondere die Information, ob sich der Codegeber 30 innerhalb oder außerhalb des Kraftfahrzeugs 10 befindet, ist von entscheidender Bedeutung. Der Fahrer soll sich nicht unabsichtlich aus dem Kraftfahrzeug 10 ausschließen können, wenn er den Codegeber 30 im Kraftfahrzeug 10 vergißt. Weiterhin müssen noch im Kraftfahrzeug 10 befindliche Codegeber 30 deaktiviert werden, falls ein zweiter Codegeber 30 im Kraftfahrzeug 10 vergessen und das Kraftfahrzeug 10 mit einem ersten Codegeber 30, der sich außerhalb des Kraftfahrzeugs 10 befindet, korrekt verriegelt wurde.

Kinder oder Unberechtigte – ohne gültigen Codegeber 30 – dürfen nicht in der Lage sein, das Kraftfahrzeug 10 zu starten, wenn sich der Berechtigte mit seinem gültigen Codegeber 30 noch in der Nähe, aber außerhalb des Kraftfahrzeugs 10 befindet. D. h. das Kraftfahrzeug 10 darf nicht gestartet werden, wenn sich kein gültiger Codegeber 30 innerhalb des Kraftfahrzeugs 10 befindet.

Ob einem Dritten mit gültigem Codegeber 30 im selben Fall die Starterlaubnis erteilt werden kann, wird von einem Sicherheits- oder Komfortkonzept abhängig gemacht.

Zu weit entfernte Codegeber 30 dürfen nicht zu einer Entriegelung führen, da sie eventuell von nicht Berechtigten stammen könnten, die das Codesignal unberechtigt aufzeichnet und wiedergegeben haben.

Damit die Position des Codegebers 30 und damit die Innen-/Außenraumerkennung des Codegebers 30 bewerkstelligt wird, werden erfindungsgemäß die breitbandig modu-

lierten Mikrowellensysteme verwendet, mit deren Hilfe zusätzlich zur Berechtigungsprüfung noch Informationen über die Entfernung des Codegebers 30 anhand von Laufzeit/Phasen der Echosignale ausgewertet werden.

Die erfindungsgemäße Berücksichtigung der Entfernung des Codegebers 30 von der Sende- und Empfangseinheit 20 wird insbesondere zur Unterscheidung benutzt, ob sich der Codegeber 30 im Innen- oder Außenraum befindet. Entsprechend werden erst dann bei Vorliegen der Berechtigung (Codesignal ist berechtigt) entsprechende Schaltvorgänge ausgelöst.

Eine verbesserte Innen- und Außenraumunterscheidung ergibt sich dadurch, daß die Entfernungsmessung zusätzlich mit einer Positionsbestimmung basierend auf einer Triangulationsmessung und/oder der bekannten Pegelauswertung (mittlere übertragene Leistung) kombiniert wird. Allerdings gelingt bei Mikrowellensystemen eine Innen-/Außenraumdetektion über die mittlere übertragene Leistung bedeutend schlechter, da Mikrowellen sehr stark an Objekten innerhalb und außerhalb des Kraftfahrzeugs 10 reflektiert werden und die einfachen und bekannten Gesetze der Ausbreitungsdämpfung von elektromagnetischen Wellen im freien Raum nicht mehr sinnvoll als die Basis für Leistungsvergleiche und Leistungsbewertungen verwendet werden können.

Für die sichere Unterscheidung zwischen Innenraum und Außenraum ist es vorteilhaft, die Meß- und Auswertergebnisse vorangegangener Messungen als Referenzmuster in einem Speicher zu speichern und bei den aktuellen Messungen zu berücksichtigen. Relevante Größen sind hierbei beispielsweise Orts- und Amplitudenänderungen und Änderungen bezüglich der Ausprägung des Echoprofils. Mitunter führt auch schon eine einfache Mittelung von Meßdaten oder Auswertergebnissen zu einer deutlichen Verbesserung der Meßsicherheit.

Für die Sende- und Empfangseinheit 20 werden vorzugsweise Mikrowellensysteme verwendet, die bei Frequenzen von 2,4 GHz, 5,8 GHz, 9,5 GHz, 24 GHz, 61 GHz oder 77 GHz arbeiten. Der Vorteil von solchen Mikrowellensystemen besteht darin, daß sie senderseitig so breitbandig moduliert werden können, daß mit ihnen eine Entfernungsmessung nach dem Radarprinzip gut durchgeführt werden kann.

Die Sende- und Empfangseinheit 20 kann auch mit anderen elektromagnetischen Wellen, wie beispielsweise optischen Wellen arbeiten. Ebenso sind Ultraschall-Signale als Sendesignale möglich.

In der Fig. 1 sind mögliche Anbringungsorte der Sende- und Empfangseinheit 20 im Kraftfahrzeug 10 angegeben. Vorzugsweise befinden sich Sende- und Empfangseinheiten 20 in der Fahrertür 11 (mit zwei Sende- und Empfangseinheit 20, nämlich einem Außenraumsensor und einem Innenraumsensor) und/oder der Beifahrertür 12. Falls Fondtüren 13, 14 vorhanden sind, so können dort ebenfalls jeweils zwei Sende- und Empfangseinheiten 20 angeordnet sein. Eine Sende- und Empfangseinheit 20 kann am Innenspiegel 17, eine in der Hutablage 16 und eine am Heck in der Nähe des Kofferraums 15 angeordnet sein.

Die Sende- und Empfangseinheit 20 sendet auf Aufforderung (beispielsweise Betätigen eines Schalters oder Türgriffs am Kraftfahrzeug 10), ständig intermittierend oder bei Annähern einer Person sein Sendesignal in eine Vorzugsrichtung aus. Falls der Codegeber 30 das Sendesignal empfängt, so sendet er ein Codesignal zurück. Codesignal und Reflexionen sowohl des Sendesignals als auch des Codesignals an Objekten ergeben den typischen Frequenzverlauf (Frequenzspektrum) des Echosignals, das von der Sende- und Empfangseinheit 20 empfangen und in der Auswerteinheit ausgewertet wird.

Der Anbringungsort und die Anzahl der Sende- und Empfangseinheiten 20 ergeben sich aus der Fahrzeuggeometrie und den gewünschten Anforderungen hinsichtlich Erfassungsbereich, in dem sich der Codegeber 30 aufhalten sollte, und hinsichtlich des Tragekomforts des Codegebers 30. Vorteilhaft ist bei der Beurteilung des Echoprofils, daß durch das Echoprofil die Anforderungen an die Entfernungsmessung (Meßgenauigkeit und notwendige Anzahl von Meßstellen) deutlich verringert werden können.

Die Hochfrequenzmodule der Sende- und Empfangseinheit 20 gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel sind so ausgelegt, daß sie Echoprofile der oben beschriebenen Art liefern können. Ausgeführt sind bei diesem Ausführungsbeispiel die Sende- und Empfangseinheiten 20 nach dem bekannten FM-CW-Radarprinzip. Bei diesem FM-CW-Verfahren wird ein linear oder stufenweise frequenzmoduliertes Radarsignal ausgesendet (die Sendefrequenz wird verändert, während die Empfangsfrequenz fest bleibt). Das Sendesignal wird mit dem Empfangssignal gemischt. Das FM-CW besitzt bei kommerziellen Radarsendern die größte Verbreitung und ist daher so gut bekannt, daß hier nicht näher darauf eingegangen werden braucht.

Bei der Entfernungsmessung werden ein oder mehrere Entfernungsmeßwerte berücksichtigt, die von den Sende- und Empfangseinheiten 20 geliefert werden, in deren Erfassungsbereich sich der Codegeber 30 befindet. Dieser Positionswert oder auch mehrere Werte möglicher Positionen und Ergebnisse von zurückliegenden Messungen können der zentralen Auswerteinheit zugeführt werden, die letztendlich dann entscheidet, ob sich der Codegeber 30 innerhalb oder außerhalb des Kraftfahrzeugs 10 befindet oder wie weit der Codegeber 30 von der Sende- und Empfangseinheit 20 entfernt ist. Die Verteilung der einzelnen Auswertevorgänge kann natürlich auch andersartig auf einen oder mehreren Prozessoren verteilt werden.

Der Zentralrechner kann auch entscheiden, ob nur Fahrertür 11, Beifahrertür 12, alle Türen 11-14 oder nur der Kofferraum ent- oder verriegelt werden soll. Dies hängt davon ab, zu welcher der an der Kraftfahrzeug-Karosserie verteilt angeordneten Sende- und Empfangseinheiten 20 die geringste Entfernung zum Codegeber 30 besteht, d. h. aus welcher Richtung das Codesignal gekommen ist oder von welcher Richtung sich der Benutzer seinem Fahrzeug nähert.

Zu jeder Messung der Phasen der Signale für jede Kombination Sende- und Empfangseinheit 20 und Codegeber 30 und für jede Mikrowellenfrequenz  $f_{HF}$  wird ein Entfernungswert berechnet. Durch kontinuierliche Auswertung mehrerer aufeinanderfolgender Messungen werden Entfernungsänderungen bestimmt. Aus den Entfernungswerten und den zugehörigen Entfernungsänderungen können über eine Triangulationsberechnung die genaue Position des Codegebers 30 relativ zur Sende- und Empfangseinheit 20 und damit zum Kraftfahrzeug 10 sowie die räumliche Bewegung des Codegebers 30 berechnet werden.

Für eine Triangulationsberechnung ist es sinnvoll, daß sich alle Sende- und Empfangseinheit 20 an unterschiedlichen räumlichen Positionen befinden. Bei einer Anzahl  $n$  von Sende- und Empfangseinheiten 20 und einer Anzahl  $m$  von Codegebern 30 ergeben sich somit  $m + n - 1$  unterschiedliche Entfernungswege oder Meßwege. Zur Positionsbestimmung ist dann ein Gleichungssystem der Dimension  $m + n - 1$  von geometrischen Triangulationsgleichungen zu lösen.

Es kann auch von Vorteil sein, zusätzliche Entfernungswege vorzusehen, um so redundante Meßinformationen zu erhalten (entspricht einem überbestimmten Gleichungssystem). Auf diese Weise ist es möglich, Störungen zu erkennen oder eine höhere Meßgenauigkeit, beispielsweise durch Mittelung, zu erreichen.



Die erfindungsgemäße Auswertung der empfangenen Echosignale gestattet es bereits mittels einer einzigen Sende- und Empfangseinheit 20 Schaltvorgänge abhängig von der Entfernung des Codegebers 30 vorzunehmen. Es werden zwar dann die meisten Positionen des Codegebers 30 erkannt, die Messung kann jedoch unter Umständen noch relativ ungenau sein.

Mittels einer Sende- und Empfangseinheit 20, die sich beispielsweise am Innenspiegel 17 befindet, kann der gesamte Innenraum des Fahrzeugs und zugleich auch große Teile des Außenraums von dem hochfrequenten Sendesignal bestrahlt werden. Im Innenraum wird das Sendesignal durch die Karosserie mehrmals hin- und herreflektiert und somit die Fahrgastzelle weitgehend ausgeleuchtet. Die Fenster wirken nicht als Reflektoren, d. h. das von der Sende- und Empfangseinheit 20 im Fahrzeuginnern generierte Sendesignal kann somit in den Außenraum gelangen. Anhand der erfindungsgemäßen Auswertung der Echosignale ist es jedoch schon nur mit einer einzigen Sende- und Empfangseinheit 20 möglich, den Abstand zwischen Codegeber 30 und Sende- und Empfangseinheit 20 zu messen.

Mit Hilfe des Echosignals wird auch die Berechtigung für den Codegeber 30 überprüft. Nach Aussenden eines Mikrowellensendesignals (nach dem FM-CW-Verfahren) durch die Sende- und Empfangseinheit 20 empfängt der Codegeber 30 dieses Signal, falls er sich im Wirkungsbereich der Sende- und Empfangseinheit 20 aufhält. Der Codegeber 30 weist einen modulierenden Reflektor auf (beispielsweise USW-Filter oder Oberflächenwellenfilter), der das empfangene Sendesignal oder ein an einem Objekt reflektiertes Sendesignal wie oben bereits beschrieben moduliert und zurücksendet.

Die Modulation geschieht mit einem für den Codegeber 30 charakteristischen Code, der als Nachweis einer Zugangsberechtigung zum Kraftfahrzeug 10 dient. Das zurückgesendete Codesignal wird von der Sende- und Empfangseinheit 20 empfangen, aufbereitet und in der Auswerteeinheit ausgewertet.

Die Modulation und die Demodulation sowie Dekodierung werden anhand der Fig. 8 und 9A bis 9D erläutert. Die Sende- und Empfangseinheit 20 sendet ein hochfrequentes Sendesignal aus. Falls der Codegeber 30 durch das Sendesignal angesprochen wird, so wird das Sendesignal in seiner Amplitude  $\hat{a}$  mit der Modulationsfrequenz  $f_M$  moduliert (falls eine Frequenzmodulation verwendet wird).

Das von dem Codegeber 30 empfangene Abfragesignal kann durch die Frequenzmodulation, beispielsweise einer einfachen Frequenzverschiebung, im Codegeber 30 moduliert werden, durch die das vom aktiven Reflektor zur Sende- und Empfangseinheit 20 zurückgesendete Echosignal frequenzmoduliert ist. Infolgedessen wird das Nutzsignal zumindest in ein Seitenband 42, 42' transferiert. Dadurch läßt sich vorteilhafterweise das vom aktiven Reflektor ausgegebene Echosignal von den Störsignalen im Basisband 41 der Sende- und Empfangseinheit 20 trennen, beispielsweise durch Bandpaßfilterung beim Empfang in der Sende- und Empfangseinheit 20.

Die Filterung oder Demodulation kann beispielsweise mit einer elektronischen Schaltung oder algorithmisch in einem Prozessor durchgeführt werden. Dieses Verfahren besitzt den Vorteil, daß Störeinflüsse reduziert werden und eine hohe Reichweite erzielbar ist. Zudem ist es flexibel und vergleichsweise preiswert.

Das gesamte Frequenzspektrum aller von der Sende- und Empfangseinheit 20 empfangenen Echosignale ist in der Fig. 8 dargestellt. Zur Überprüfung der Berechtigung werden die Reflexionen an sonstigen Gegenständen unberücksichtigt gelassen (dies entspricht den Frequenzlinien des Ba-

sisbands 41, ganz links in der Fig. 8). Es werden dann nur diejenigen Frequenzen betrachtet, die um die Modulationsfrequenz  $f_M$  liegen (d. h. in den zwei Seitenbänder 42 und 42' infolge der Zweiseitenbandmodulation).

Der Frequenzabstand  $\Delta f$  und der Phasenabstand  $\Delta \phi$  der beiden Seitenbänder 42 und 42' ist proportional zur Entfernung zum Codegeber 30. Der Mittelwert der symmetrischen Seitenbänder 42 und 42' ergibt die Modulationsfrequenz  $f_M$ , die auf der Demodulatorseite durch Mittelung errechnet werden kann. Durch Änderung der Modulationsfrequenz  $f_M$  nach einem vorgegeben Algorithmus im Codegeber 30 können Daten moduliert übertragen werden. In den Fig. 9A bis 9D sind Frequenzspektren mit vier verschiedenen Modulationsfrequenzen  $f_{M1}$  bis  $f_{M4}$  dargestellt. Diese entsprechen vier verschiedenen "Bits" des Codesignals. Wenn die Änderung der Modulationsfrequenzen  $f_M$  mit einer erwarteten Änderung übereinstimmt, wie sie in der Auswerteeinheit erwartet wird, so ist die Berechtigung des Codegebers 30 gegeben.

Auf diese Weise können mit Modulationsfrequenzen, beispielsweise im Bereich von 30 kHz bis 55,6 kHz in 100 Hz Schritten unterteilt pro Meßvorgang ein 8-Bit-Wort übertragen werden. Dies entspricht einem 256-wertigen Codewort (256 verschiedene Codemöglichkeiten). Die Modulationsbandbreite hängt dabei von der Anzahl der Codiermöglichkeiten und von Sicherheitsanforderungen ab. Die Maximale Modulationsbandbreite ist von der Impulswiderholzeit bestimmt, die größer sein muß als die Laufzeit für die maximal festgelegte und noch meßbare Entfernung zwischen Codegeber 30 und Sende- und Empfangseinheit 20. Eine typische Bandbreite ist 100 MHz, die eine hohe Codiermöglichkeit und damit eine hohe Sicherheit des Diebstahlschutzsystems bietet.

Günstigerweise sendet jeder Codegeber 30 (mit seinem aktiven Reflektor) mit einer für ihn charakteristischen Modulationsfrequenz  $f_M$ . Auf diese Weise können Signale mehrerer Codegeber 30 voneinander unterschieden und getrennt werden. Somit kann außer der vorher beschriebenen Positionsbestimmung auch jeder Codegeber 30 auf seine Berechtigung eigenständig überprüft werden. Außerdem kann jedem Codegeber 30 eine Prioritätsnummer zugeordnet sein, anhand derer vorrangig zu behandelnde Codegeber 30 erkannt werden und deren Berechtigung ausschlaggebend ist. Mit dem Codesignal können auch persönliche Daten zum Kraftfahrzeug übertragen werden und bei Nachweis der Berechtigung entsprechende Einstellungen im Kraftfahrzeug, wie Verstellen der Sitze und Spiegel, vorgenommen werden.

Befindet sich der Codegeber 30 außerhalb des Kraftfahrzeugs 10, so bewirkt ein empfangenes und berechtigtes Echosignal das Ver- oder Entriegeln aller Türen und Verschlüsse des Kraftfahrzeugs 10. Befindet sich der Codegeber 30 innerhalb des Kraftfahrzeugs 10, so kann das als berechtigt erkannte Echosignal das Lösen der Wegfahrsperrbe wirken, falls der Fahrer einen Startschalter betätigt und ggf. weitere Schaltelemente, wie Bremspedal oder Gangwählhebel betätigt.

Der Codegeber 30 kann in Form einer Chipkarte oder eines herkömmlichen mechanischen Schlüssels ausgestaltet sein. Die Form des Codegebers 30 ist für die Erfindung unwesentlich. Wichtiger ist, daß Echosignale mit ihrem Echo- profil für die Auslösung eines Freigabesignals abhängig von der Entfernung und Berechtigung verwendet werden.

Mit dem erfindungsgemäßen Diebstahlschutzsystem kann das Abfragesignal in der Sende- und Empfangseinheit 20 breitbandig moduliert werden, um eine definierte Entfernungsbegrenzung zu realisieren (erstes Ausführungsbeispiel). D. h. Signale, die von weit entfernten Objekten stammen, werden automatisch nicht berücksichtigt.

Es kann auch eine genaue Entfernungsmessung vorgenommen werden (zweites Ausführungsbeispiel), zusätzlich zu der Berechtigungsüberprüfung. Die Genauigkeit der Entfernungsmessung kann durch weitere Maßnahmen, wie Triangulationsmessung, weiter verbessert werden.

Das Abfragesignal wird also beim Aussenden breitbandig moduliert und dieses modulierte Signal wird im Codegeber 30 zusätzlich mit dem Code des Codegebers moduliert. Das sendeseitige Modulieren läßt dann eine Auswertung des empfangenen Signals hinsichtlich Entfernung des Codegebers 30 zu.

Bei den verschiedenen Ausführungsbeispielen tragen Elemente gleicher Konstruktion oder Funktion in den Figuren dieselben Bezugszeichen.

#### Patentansprüche

##### 1. Diebstahlschutzsystem für ein Kraftfahrzeug (10) mit

- einer Sende- und Empfangseinheit (20), die im Kraftfahrzeug (10) angeordnet ist und die Sendesignale breitbandig moduliert aussendet und daraufhin Echosignale von einem tragbaren Codegeber (30) und/oder infolge von Reflexionen an Objekten empfängt,
- dem tragbaren Codegeber (30), der ein modulierte Echosignal aussendet, falls er zuvor ein Sendesignal empfangen hat, und mit
- einer Auswerteeinheit, welche die Echosignale hinsichtlich Berechtigung des Codegebers (30) sowie Entfernung zwischen dem Codegeber (30) und der Sende- und Empfangseinheit (20) auswertet.

2. Diebstahlschutzsystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Sende- und Empfangseinheit (20) am Innenspiegel (17) und/oder an einer oder mehreren Türen (11-14) des Kraftfahrzeugs (10) angeordnet ist.

3. Diebstahlschutzsystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß mehrere Sende- und Empfangseinheiten (20) verteilt im Kraftfahrzeug (10) angeordnet sind, die alle ein Sendesignal aussenden und danach auf den Empfang der Echosignale warten und dann jede für sich eine Entfernung zwischen Codegeber (30) und Sende- und Empfangseinheit (20) anhand des Echosignals ermitteln.

4. Verfahren zum Betreiben eines Diebstahlschutzsystems für ein Kraftfahrzeug (10), das folgende Verfahrensschritte aufweist:

- Aussenden von breitbandig modulierten Sendesignalen durch eine Sende- und Empfangseinheit (20) im Kraftfahrzeug (10),
- Auswerten von empfangenen Echosignalen in einer Auswerteeinheit des Kraftfahrzeugs (10) hinsichtlich Berechtigung des Codegebers (30) und Entfernung zwischen Codegeber (30) und Sende- und Empfangseinheit (20).

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Sendesignale von einem tragbaren Codegeber (30) moduliert und als Echosignale zurückgesendet werden, wobei eine Berechtigung des Codegebers (30) anhand des Echoprofils der Echosignale überprüft wird.

6. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß mehrere im Kraftfahrzeug (10) verteilt angeordnete Sende- und Empfangseinheiten (20) jeweils ein Sendesignal aussenden und daraufhin mehrere Echoprofile zur Entfernungsbestimmung ausgewertet werden.

den.

7. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß eine Sende- und Empfangseinheiten (20) mehrfach ein Sendesignal zeitlich nacheinander aussendet und daraufhin die empfangenen Echoprofile zur Entfernungsbestimmung oder zur Änderung der Entfernung ausgewertet werden.

8. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß das Sendesignal als Mikrowellensignal oder Radarsignal mit Frequenzen (f) größer als 1 GHz breitbandig moduliert ausgesendet wird.

---

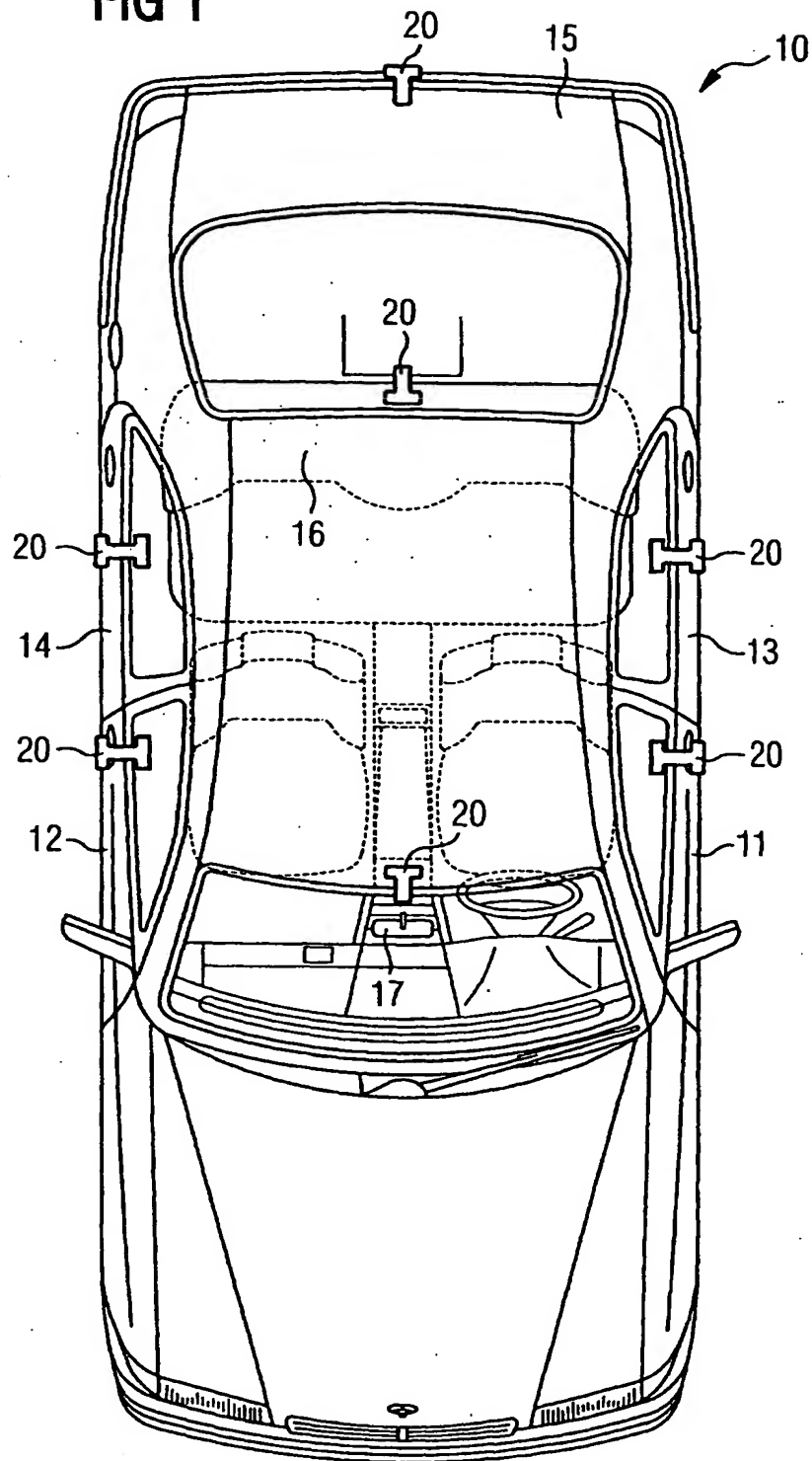
Hierzu 7 Seite(n) Zeichnungen

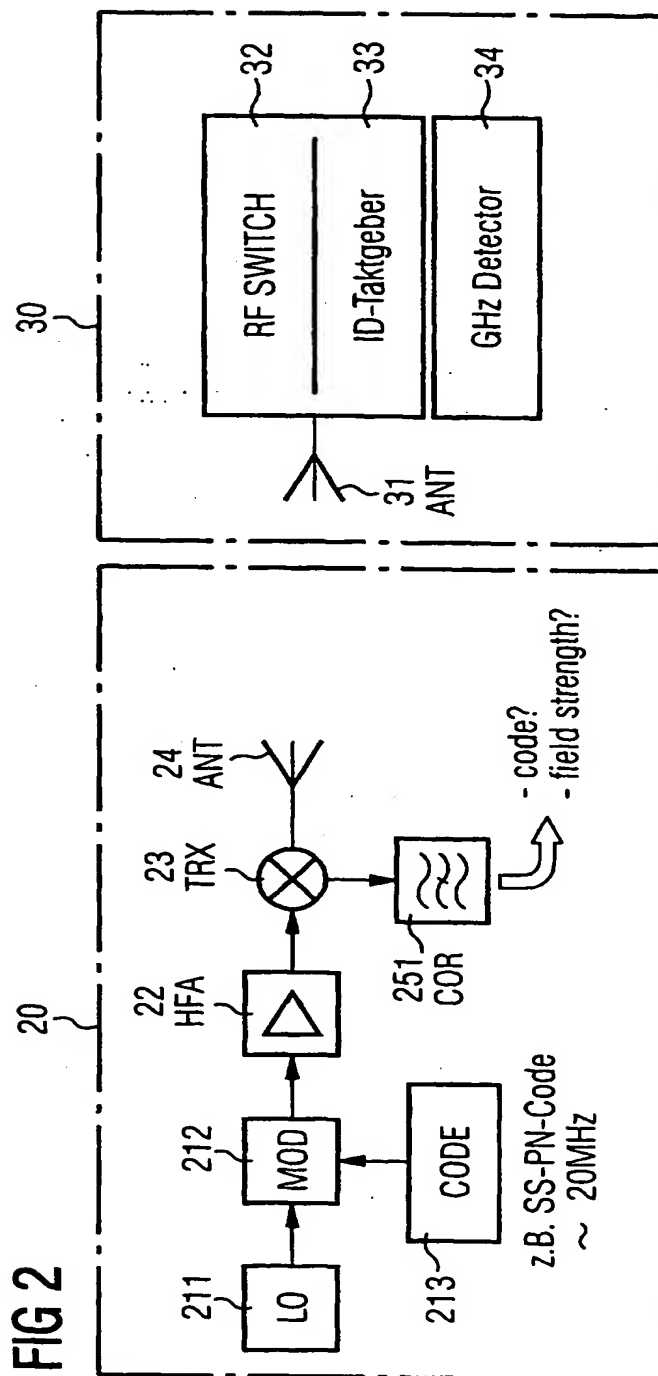
---



- Leerseite -

FIG 1





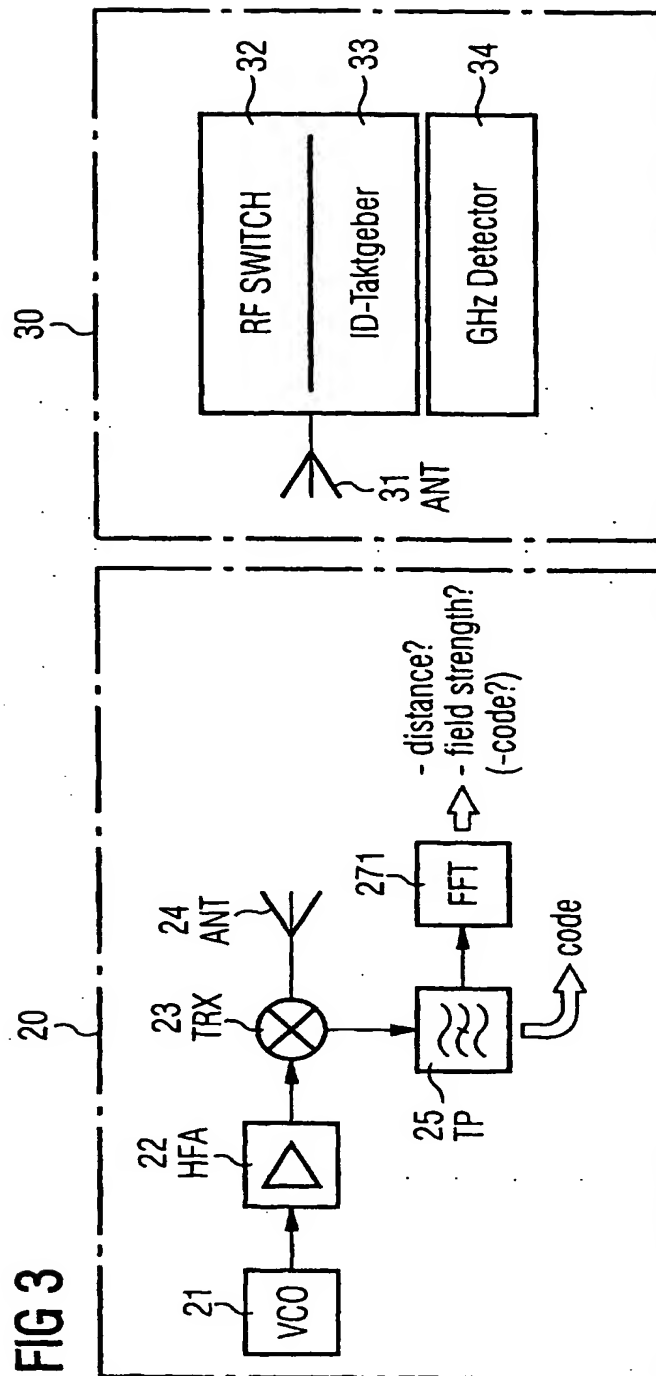


FIG 4A

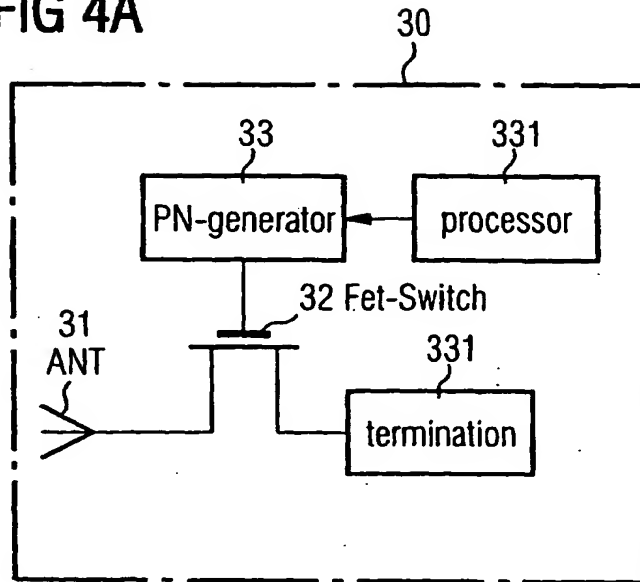


FIG 4B

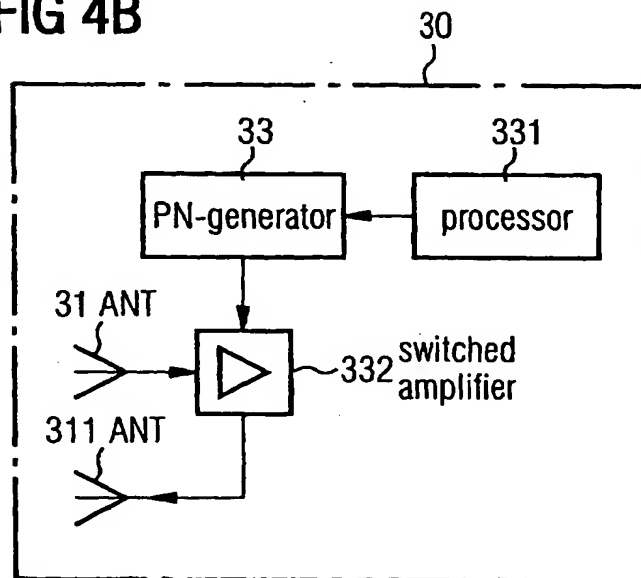
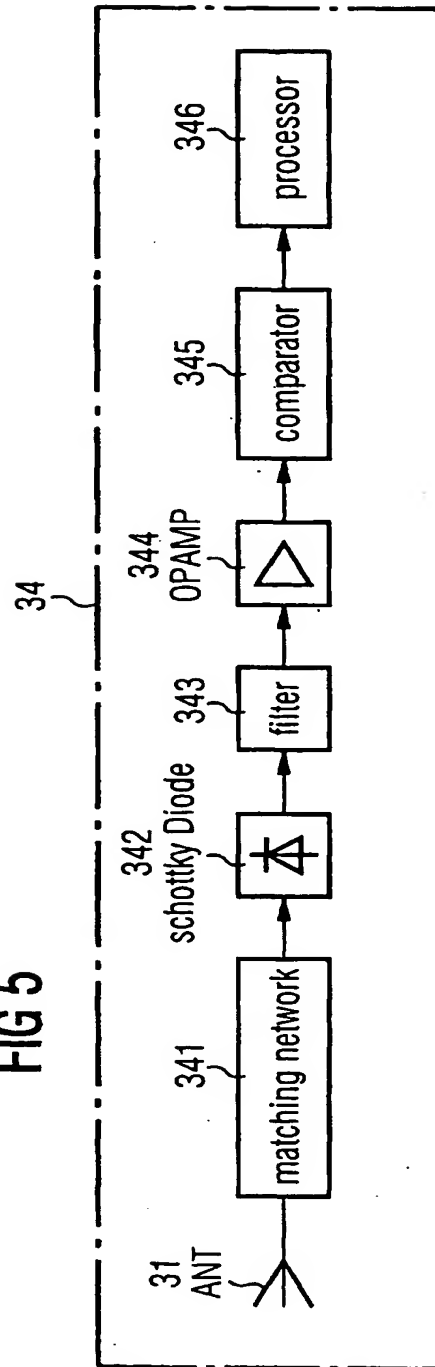


FIG 5





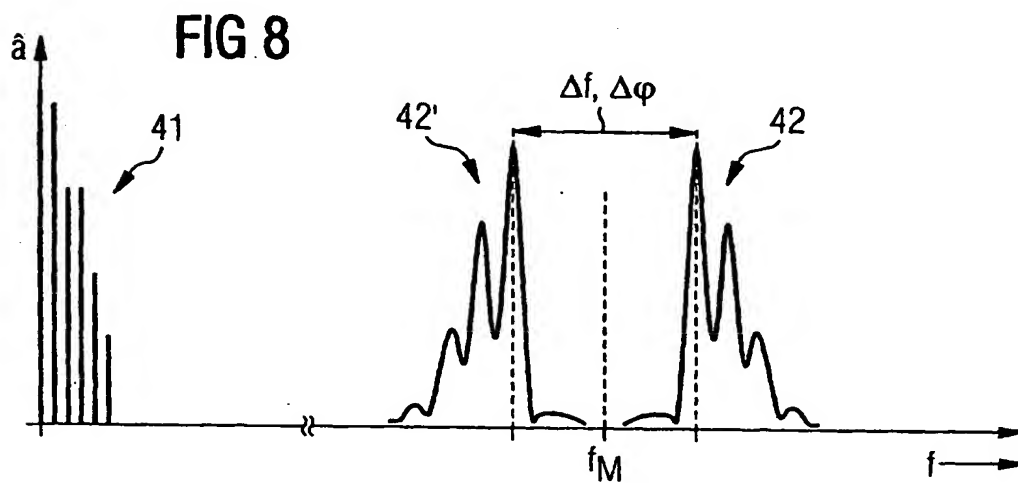
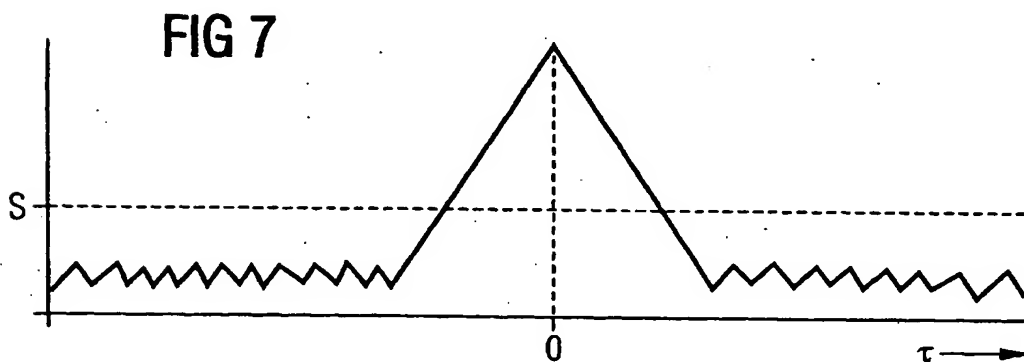
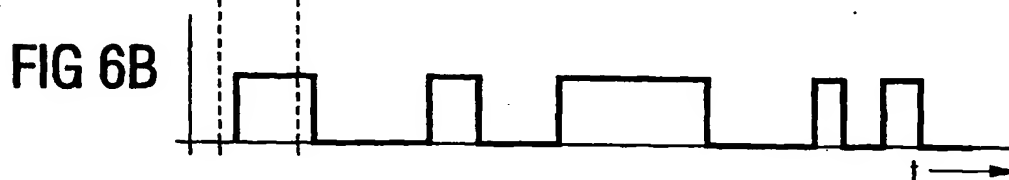
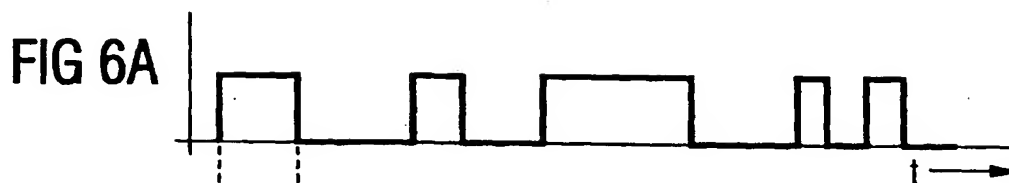


FIG 9A

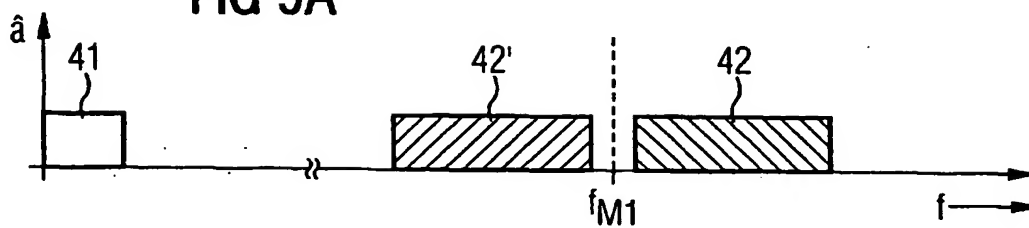


FIG 9B

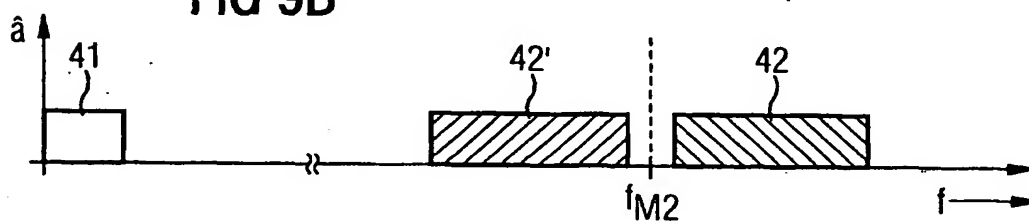


FIG 9C

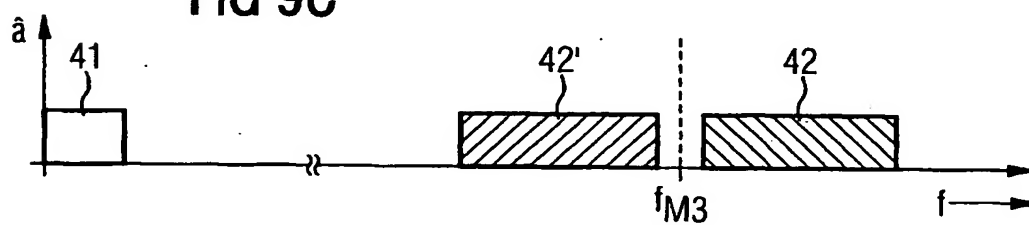


FIG 9D

